

링크상태 라우팅 프로토콜의 효율적인 플러딩

박 무 성*, 이 승 형°

Efficient Flooding in Link-State Routing Protocols

Moosung Park*, Seung-Hyong Rhee°

요 약

본 논문에서는 링크상태 라우팅 프로토콜을 위한 효율적인 LSA(Link State Advertisements) 플러딩(flooding) 방식을 제안한다. 링크상태(Link State) 라우팅 프로토콜은 유선 환경에서 널리 사용되고 있는 프로토콜로서, 노드의 링크 상태가 변경이 된 경우에 네트워크의 모든 이웃 노드에게 LSA를 플러딩 한다. 유선 환경과 다르게 무선 환경에서는 링크의 상태 변화가 빈번하게 발생되기 때문에 LSA의 오버헤드가 문제로 발생하게 된다. 본 논문에서는 무선 환경에서 사용 가능한 효율적인 LSA 플러딩 방식을 제안한다.

Key Words : Link state routing, OSPF, LSA, Flooding

ABSTRACT

In this paper we propose an efficient algorithm for LSA(Link State Advertisements) flooding. Link state routing protocols have been widely adopted in wired networks. When link state change occurs, a LSA is flooded into the whole network. The overhead of LSA flooding may be a big problem in wireless networks because their link states can be changed frequently. We propose an efficient flooding method that optimizes the flooding processes in wireless networks.

I. 서 론

링크 상태 라우팅 프로토콜을 기반으로 하는 OSPF(Open Shortest Path First)는 라우터에 연결된 링크들의 상태를 LSA를 사용하여 네트워크상의 모든 라우터에게 알림으로써 전체적인 네트워크 성능을 향상시킨다¹⁾. 라우터가 LSA 패킷을 수신하였을 때 해당 정보가 자신의 LSD(Link State Database)에 없으면 정보를 저장하고 LSA를 보내온 노드를 제외하고 자신의 모든 주변 노드에게 LSA 패킷을 전송한다²⁾. LSA 패킷 안에 있는 링크의 비용 값을 사용하여 주변 라우터의 경로 중 비용이 가장 낮은 경로를 결정한다.

기존의 유선 네트워크 환경에서는 링크 및 라우터의 손실이 발생하는 특수한 경우를 제외하고 링크 상태가 변경되어 LSA 패킷을 전송해야 하는 경우가 발생하지 않는다. 그러나 무선 환경에서는 라우터의 이동과 간섭에 의한 링크 상태의 변화가 자주 발생하기 때문에 LSA가 발생할 확률이 높다. 본 논문에서는 링크의 상태를 실시간으로 라우터가 측정하여 링크 상태를 주기적으로 주변 노드에게 전달하는 것을 가정하였다. 무선 환경에서 N개의 노드가 링크 상태가 변경되어 LSA 패킷이 발생하는 경우 LSA 패킷은 $O(N^2)$ 만큼 증가하는 N-squared 문제를 발생시킨다. 이러한 경우 플러딩 되는 LSA 패킷으로 인하여 라우터의 CPU, 메모리, 링크의 사용량을 증가시켜 네트워크의 전체 성능에 영향을 미치게 된다³⁾.

본 논문에서는 무선 환경에서 링크의 BER에 따라 변경되는 링크의 상태를 LSA로 플러딩 할 때 라우터와 링크의 손실에 따라 발생하는 문제점을 해결하기 위해 안정적인 LSA 플러딩 방식을 제안하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 기존의 방식보다 제안한 방식의 성능 향상을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 연구 사례에 대해 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 제안한 효율적인 LSA 플러딩 방식을 제안한다. 4장에서는 제안한 알고리즘을 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하고, 5장에서 본 논문의 결론에 관하여 기술한다.

※ 이 논문은 2013년도 교육과학기술부 재원으로 한국연구재단의 지원을 받은 기초연구사업(No.2013008855)에 의해 수행되었으며, 또한 광운대학교의 2013년도 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

* First Author : Kwangwoon University Department of Electronics Convergence Engineering, masonpark50@gmail.com, 정희원
 ° Corresponding Author : Kwangwoon University Department of Electronics Convergence Engineering, rhee@kw.ac.kr, 종신회원
 논문번호 : KICS2014-04-139, Received April 21, 2014; Revised May 15, 2014; Accepted May 15, 2014

II. 관련연구

2.1 Minimum Spanning Tree

네트워크에서 발생하는 플러딩 문제를 해결하기 위해 MST(Minimum Spanning Tree) 알고리즘을 제안되었다^[4]. MST 방식은 LSA의 플러딩을 줄이기 위해 최단 경로를 설정하는 방식으로 중복으로 플러딩 되는 LSA를 줄인다.

그림 1은 MST의 설정 방식을 설명하는 그림이다. 실선은 MST를 통해 연결되는 링크를 나타낸다. MST의 구성 과정은 먼저 링크 중에 비용이 가장 작은 링크를 선택하고 선택된 링크를 연결해 나갈 때 사이클이 생기면 링크를 버리고 그렇지 않을 경우 링크를 연결하고 더 이상 연결할 수 있는 링크가 없을 때 까지 반복한다. 그림 1의 오른쪽 부분은 MST를 사용하여 링크의 연결을 완료한 그림이다.

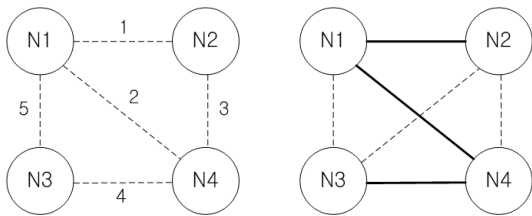


그림 1. MST 구성
Fig. 1. The composition of MST

2.2 Reliable Sub-Network (RSN)

MST 방식의 사용으로 발생하는 degree 1인 노드를 제거하여 네트워크의 안정성을 높이기 위하여 RSN 알고리즘을 제안하였다^[5].

Degree 1인 노드의 정의는 그림 2에서 MST로 링크를 연결했을 때 자기 자신과 연결된 링크가 1개가 존재하는 경우를 말한다. MST로 설정하게 되면 노드 1, 2, 3, 6, 7이 degree 1 노드가 된다. RSN은 이러한 degree 1 노드는 링크가 하나만 연결되어 있기 때문에 불안정한 노드로 가정하고 노드 1과 2, 노드 3과 7, 노드 5와 6의 연결을 추가하여 degree 1 노드를 제거

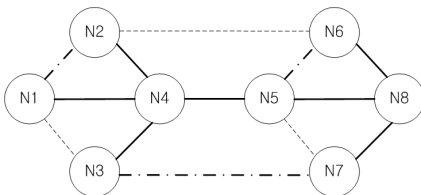


그림 2. RSN 구성
Fig. 2. The composition of RSN

한다. 그러나 RSN의 경우 링크의 추가에 따라 플러딩을 줄이는 효율이 줄어드는 단점이 있다.

III. 제안하는 알고리즘

이번 장에서는 본 논문에서 제안하는 효율적인 LSA 플러딩 방식에 대해 설명한다. MST를 사용하여 연결이 결정된 링크로 LSA를 플러딩을 할 경우 모든 링크로 플러딩 하는 기존의 방식보다 효율성은 좋지만 LSA가 전송되는 링크가 줄어들기 때문에 노드 및 링크의 손실에 따라 링크의 불안정성이 높아진다.

그림 3에서 네트워크를 MST로 연결하였을 경우 특정 라우터의 손실에 따라 분리되는 문제가 발생한다. 그림에서 실선은 MST로 연결된 링크로 LSA가 전송되고 점선은 LSA가 플러딩 되지 않는 링크다. 만약 그림 3과 같이 네트워크 토폴로지에서 노드 5가 손실 된 경우는 총 3개의 그룹(N1, N2) (N3, N6) (N4, N8, N9)으로 네트워크가 분리가 되어 LSA를 서로 전송 할 수 없게 된다. 이러한 경우 노드들이 데이터는 모든 노드로 전송이 가능하지만 LSA의 전송이 그룹에서만 가능하기 때문에 네트워크의 변화를 적용하지 못하고 데이터가 전송되지 못한다. 이렇게 네트워크에서 한 개의 노드의 손실에 따라 네트워크가 그룹으로 분리가 되면 전체 성능이 크게 저하된다. 그러나 degree 1노드의 경우 노드의 손실에 따라 전체 네트워크에 영향을 주지 않는다. 예를 들어 degree 1인 노드 1, 3, 9가 손실이 된다고 하더라도 LSA 플러딩에는 영향을 주지 않는다. 제안하는 알고리즘은 MST에서 안정성을 높이기 위해 링크를 추가하여 네트워크가 분리되는 상황을 방지하고 네트워크의 안정성을 높인다. 추가 링크의 연결 알고리즘은 먼저 노드의 손실에 따라 나뉘지는 그룹에서 degree가 가장 낮은 노드를 선택한다. 그림 3에서는 노드 1, 9, 3이 선택이 되고 다른 그룹과 degree1 노드와의 연결 가능한 링크를 플러딩

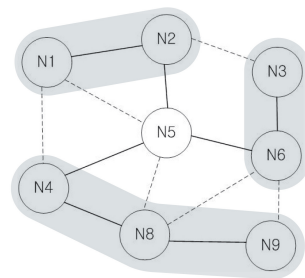


그림 3. 네트워크 토폴로지
Fig. 3. Network topology

이 가능한 링크로 변경한다. 그림 3과 같은 토폴로지에서는 3개의 그룹을 연결할 수 있는 노드 1, 4 노드 2, 3 그리고 노드 6, 9의 연결을 추가한다. 제안한 알고리즘을 사용하게 되면 노드5의 손실이 발생하더라도 LSA의 플러딩이 가능해져 네트워크 전체에 영향을 미치는 경우를 방지하게 된다.

IV. 성능 평가

시뮬레이션의 환경은 표 1과 같다. 시뮬레이션은 OPNET을 사용하여 FTP 전송환경에서 노드의 손실을 가정하여 랜덤하게 노드가 손실되는 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4와 5는 시뮬레이션 결과이다. 그림 4에서 LSA 트래픽의 크기가 제안한 방식이 기존의 MST 방식에 비해 링크 추가에 따른 LSA가 증가되는 것을 볼 수 있다. 그러나 불안정한 네트워크 상황에서 제안한 방식이 링크 추가에 따라 안정성이 높아지고 기존의 방식보다 높은 전송률을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

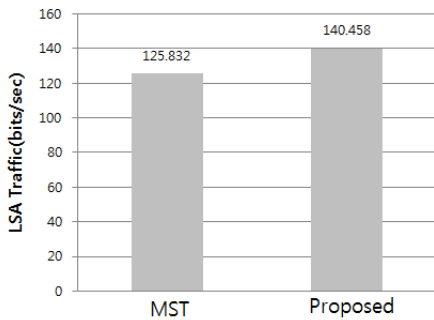


그림 4. 평균 LSA 트래픽
Fig. 4. Average LSA traffic

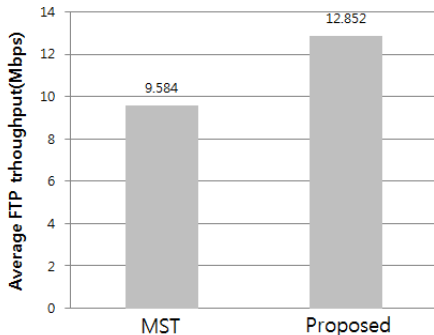


그림 5. 평균 FTP 전송률
Fig. 5. Average FTP throughput

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters.

Parameter	Value
Bandwidth	100 Mbps
FTP file size	1 Mbytes
Inter-Request Time	5 sec
Number of nodes	25
Simulation time	500 sec

V. 결론

기존의 방식은 LSA를 줄이기 위해 MST를 사용하여 LSA가 전송되는 링크를 줄여 효율성을 높였다. 그러나 이러한 방식은 소수의 노드에 의해 네트워크 전체의 성능에 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 네트워크에서 발생하는 LSA를 줄이면서 링크의 안정성까지 고려한 효율적인 플러딩 방식을 제안하고 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다.

References

- [1] T.-W. Kwon, "Improvement of IS-IS protocol for TICN tactical backbone," Korea Institute of Communication Sciences, *The Kor. J. Comm. Sci.*, Vol. 36 No.8 pp. 996-1002, 2011.8.
- [2] J. Moy, *OSPF: Anatomy of an internet routing protocol*, Addison-Wesley, 1998.
- [3] A.V. Aho and D. Lee, "Hierarchical networks and the LSA N-squared problem in OSPF routing," in *Proc. IEEE GlobeCom*, pp. 397-403, 2000.
- [4] O. Grygorash, Y. Zhou, and Z. Jorgensen, "Minimum spanning tree based clustering algorithm," in *Proc. ICTAI*, pp. 73-81, Arlington, VA, Nov. 2006.
- [5] T. Miyamura, T. Kurimoto, and M. Aoki, "Enhancing the network scalability of link-state routing protocols by reducing their flooding overhead," in *Proc. IEEE HPSR*, pp. 263-268, Jun. 2003.